

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniería Técnica Industrial
Electricidad

SolarSoft

Software de cálculo de instalaciones fotovoltaicas

AUTOR: Francisco Valiente Gordo

TUTOR: Jorge Martínez Crespo

Leganés, 17 julio de 2009

A mi tutor, Jorge Martínez, por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto.

A mis hermanos; por su apoyo y por su ánimo.

A Anabel; por estar siempre ahí y no dejarme abandonar en los momentos difíciles.

*Y por supuesto, a mis padres; por haber creído siempre en mí y por haber luchado
tanto para que yo consiguiera lo que ellos nunca pudieron*

Índice

Resumen	4
1. Introducción	5
1.1. Descripción del problema	5
1.2. Objetivos	6
1.3. requisitos	6
1.4. Metodología a seguir	7
1.5. Estructura del Proyecto	9
2. Descripción técnica del proyecto	10
2.1. Energía solar fotovoltaica	10
2.2. Principales hitos de la energía solar fotovoltaica	10
2.3. Características de una instalación solar fotovoltaica	12
2.4. Situación de la energía en Nicaragua y España	13
2.4.1. Nicaragua	13
2.4.2. España	15
2.5. Tecnología de las instalaciones	16
2.5.1. Paneles solares	16
2.5.2. Baterías	18
2.5.3. Reguladores de carga	20
2.5.4. Inversores	21
2.6. Tipos de instalaciones	23
2.7. Definiciones básicas	25

3. Software del proyecto	27
3.1. Especificaciones técnicas	28
3.1.1. Java	28
3.1.2. SQLite	30
3.1.3. Eclipse	31
3.1.4. Swing	31
4. Ejemplo de la aplicación	32
5. Conclusiones	43
6. Bibliografía	44

Resumen

En este proyecto se ha diseñado e implementado una aplicación informática capaz de calcular una instalación de energía solar fotovoltaica y generar un informe exhaustivo a partir de la especificación de variables conocidas, como son la potencia demandada, la tensión y la localización donde se desea realizar una instalación eléctrica

Esta aplicación ha sido diseñada en el marco del programa de cooperación “*Taller de apoyo a la investigación en energías renovables para el desarrollo rural sostenible en universidades de Nicaragua*”, financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional (C/012957/07) y que involucra a la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua (UNI), la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN) y la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M).

Un usuario interesado en realizar una instalación solar fotovoltaica sólo debe conocer la potencia que va a necesitar, agregando la potencia de los aparatos eléctricos con los que va a contar; la tensión a la que desea que funcione su instalación, por si tiene aparatos que pueden funcionar en corriente continua y desea alimentarlos directamente; y la ubicación de la instalación, ya que las condiciones atmosféricas y la situación geográfica condicionan el nivel de radiación solar. Para la ubicación geográfica, el programa cuenta con una base de datos con las especificaciones de las ciudades más importantes de España y de Nicaragua. Una vez decididas las premisas indicadas el programa irá mostrando los componentes básicos de la instalación para que el usuario los elija en función de sus necesidades.

El resultado final será un informe detallado de la instalación necesaria para suministrar la potencia indicada, así como la forma de instalar los componentes, el número de paneles, la angulación en la que se deben instalar los paneles fotovoltaicos, etc.

La aplicación ha sido diseñada utilizando el lenguaje de programación Java¹ y las bases de datos están creadas en SQLite².

¹ Lenguaje desarrollado por Sun Microsystem

² Structured Query Language Lite

1. Introducción.

1.1. Descripción del problema.

Esta aplicación ha sido diseñada en el marco del programa de cooperación existente entre la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua y la Universidad Carlos III de Madrid.

La posibilidad de realizar este proyecto surgió a raíz de los contactos establecidos con el fin de poder disponer de un software de uso universitario y que permitiera ayudar a los pueblos nicaragüenses que, con menos infraestructuras, necesitan cubrir necesidades básicas, como luz y agua.

En el mundo informático existen numerosas aplicaciones para realizar cálculos de instalaciones de todo tipo, pero normalmente son excesivamente complejos y les suele faltar algo que alguien puede necesitar. Este es el fundamento principal de la creación de este software. Se necesitaba un programa muy concreto, muy ligero y que pudiera funcionar en cualquier ordenador, independientemente del sistema operativo o de la antigüedad del ordenador.

Se necesitaba un programa que fuera muy fácil de usar, con una interfaz intuitiva y que el usuario siempre tuviera delante cuales habían sido sus elecciones. Por todo ello se ha creado una aplicación en la que prima la sencillez y la estabilidad así como la potencia necesaria para crear proyectos de instalaciones fotovoltaicas.

Cabe destacar la posibilidad de modificar las bases de datos y guardar proyectos para abrirlos posteriormente, todo ello trabajando con archivos de poco “peso” lo que hace posible enviar proyectos a otras personas o incluso las bases de datos ampliadas.

Lo fundamental de esta aplicación es que es útil tanto para personas con grandes conocimientos en ingeniería eléctrica así como para personas con conocimientos básicos, ya que el proyecto se realizará paso a paso y se dará la información necesaria para poder elegir los componentes básicos de una instalación. Además, el informe final, será un informe técnico de la instalación con las especificaciones necesarias para que un técnico realice el montaje sin necesidad de realizar un estudio previo o cálculos para averiguar la potencia neta que generará la instalación.

1.2. Objetivos.

La aplicación que se ha creado para este proyecto fin de carrera calcula instalaciones solares fotovoltaicas para ayudar a la gente que tiene la intención de generar potencia para su propio consumo y no tiene los conocimientos necesarios para llevar a cabo una instalación completa y sacarle el máximo rendimiento posible.

Principalmente está orientada a dos supuestos. El primero es el de poder conseguir que la energía eléctrica llegue a todas las latitudes de Nicaragua para que así todas las personas puedan tener electricidad. Esta electricidad podrá ser utilizada para dar luz en viviendas o para poder llevar agua potable a través de bombas a poblados de difícil acceso.

El segundo supuesto es el de poder autoabastecerse de energía a parcelas con viviendas que necesiten acometida de electricidad pero prefieran consumir energía generada por ellos mismos, ya que está demostrado que a lo largo de los años la inversión inicial queda amortizada.

1.3. Requisitos.

Los principales requisitos que se propusieron en su momento y que debían ser respetados y realizados son:

- Programa sencillo de utilizar que en pocos pasos consiguiera su cometido.
- Utilización de archivos de texto plano, un estándar de gran difusión.
- Utilización de bases de datos comunes.
- Que el programa mostrara información del proceso que se desarrolla en todo momento con la posibilidad de deshacer en cualquier momento o volver hacia atrás si el usuario cometiera algún error.
- Posibilidad de editar las bases de datos para que cada usuario tenga los componentes que más le satisfagan.
- Posibilidad de mostrar un informe técnico final de la instalación.
- Proceso de selección de los componentes de forma sencilla, rápida y amigable.
- Ayuda contextual para ofrecer al usuario toda la información posible y aumentar la información.
- Programa multiplataforma.

1.4. Metodología a seguir.

En todo proyecto de desarrollo de software se realizan una serie de actividades (ciclos) entre la idea inicial u original del mismo y el producto final, que se obtiene cuando está totalmente acabado y listo para su entrega.

El plan de trabajo llevado a cabo para la realización de este proyecto ha consistido en la utilización de una determinada metodología o modelo de desarrollo, la cual establece el orden en el que se llevan a cabo las tareas pendientes de realizar en el transcurso de la duración del proyecto.

El modelo de desarrollo escogido ha sido el modelo de desarrollo en espiral. Este tipo de metodología o modelo está indicado para proyectos que varían en el tiempo, atendiendo a los nuevos requisitos o a la modificación de los viejos.

El modelo en espiral se basa en la necesidad de separar el comportamiento final en varias actividades más sencillas, que unidas, formarán el comportamiento final del producto. Este modelo se caracteriza por la realización de fases o tareas tales como:

- Análisis de requisitos.
- Análisis de riesgo.
- Desarrollar, verificar y validar.
- Planificar.

La verdadera importancia de esta metodología es que aporta cierta flexibilidad en cuanto a posibles cambios de los requisitos iniciales y que ofrece, además, la posibilidad de ir construyendo prototipos que se producen como fase final de cada ciclo y los cuales servirán para comprobar si se han cumplido los objetivos o requisitos propuestos al inicio del ciclo, para luego evaluarlo en la fase final de planificación y decidir si se puede o no pasar a la siguiente actividad.

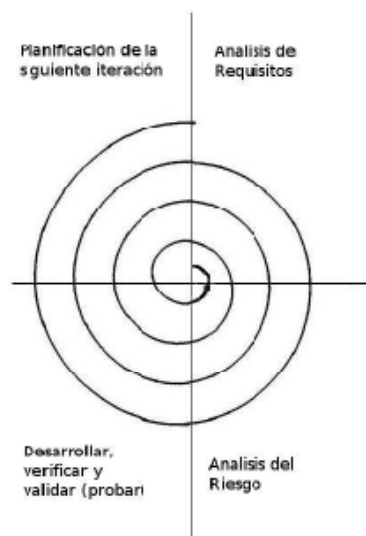


Figura 1: Modelo en Espiral.

Este modelo en espiral, fue adaptado a este proyecto para que fuera totalmente orientado a él. Este modelo esta estandarizado para la realización de aplicaciones informáticas, es bastante útil ya que utilizando una metodología simple, se pueden hacer cosas interesantes paso a paso.

1.4.1. Análisis de requisitos (comunicación con el cliente)

Al comienzo de cada proyecto se realiza una captura de requisitos y su correspondiente análisis. En esta fase el cliente especifica los requisitos al inicio del ciclo de la espiral. Esto se corresponde con la realización de reuniones con el tutor en el que da una serie de pautas u objetivos a cumplir y hacia adonde debe estar orientado. Una serie de requisitos con los que se obtiene una idea general del proyecto en cada ciclo. Cabe aclarar que la planificación inicial o previa solo se realiza una vez, no obstante se volverá a la recogida de requisitos tantas veces como sea necesario para obtener nuevas condiciones o modificar las que anteriormente ya estaban fijadas.

1.4.2. Análisis de riesgos.

Se analizan los requisitos dados por el cliente, se estudian los riesgos potenciales y se seleccionan una o varias alternativas para reducirlos o eliminarlos. También en esta fase se evalúa el tiempo que se necesitará para realizar cada ciclo, si es viable la actividad y lo más importante si merece la pena. Así, una vez que se empieza a diseñar la estructura de la aplicación, se define el paradigma de programación más indicado, el lenguaje de programación que más se adapte al paradigma de escogido, los diagramas necesarios para tener las ideas claras, etc.

1.4.3. Desarrollar, verificar y validar.

Una vez que está claro el diseño inicial se pasa a codificar la aplicación adaptando las ideas del cliente en los requisitos iniciales a lo que el programa realizará para obtener esas premisas.

Una vez desarrollada parte de la aplicación (o mientras está en desarrollo), hay que verificarla realizando una batería de pruebas para ver si lo realizado hasta el momento se adapta al diseño y por tanto a las necesidades del cliente.

1.4.4. Planificar la siguiente iteración.

Una vez que se llega a esta fase se revisa todo lo realizado y con ello, se decide si se continúa con la actividad siguiente y se planifica o si se debe parar y analizar alguna fase anterior al no quedar superada satisfactoriamente.

Así una vez completada una actividad se volverá tantas veces como sea necesario a realizar todas las fases para llevar a buen fin el desarrollo del proyecto. Todas esas fases y cada actividad, con sus respectivos prototipos, serán validadas y supervisadas por el tutor del proyecto, corrigiéndose errores, ampliando o modificando requisitos, etc. para la correcta conclusión del proyecto.

1.5. Estructura del proyecto.

En este apartado se guiará al lector por los distintos capítulos haciendo una breve introducción sobre su contenido.

- En el capítulo 2 se llevará a cabo una descripción técnica del proyecto, en la que se hará una introducción a la tecnología de las instalaciones solares fotovoltaicas, la situación energética de los países para los que está orientado este proyecto y se explicarán los componentes básicos de una instalación así como los conceptos básicos asociados.
- En el capítulo 3 se explicará la tecnología utilizada para llevar a cabo el software, tales como el lenguaje de programación, el entorno de programación y el sistema de bases de datos.
- En el capítulo 4 se mostrará un ejemplo de aplicación del software creado.
- En el capítulo 5 se expondrán las conclusiones obtenidas después de realizar el proyecto.

2. Descripción técnica del proyecto.

A continuación se explicará en qué consiste la producción de energía solar fotovoltaica así como cada uno de los estándares y tecnologías utilizadas para la creación de este programa.

2.1. Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es una forma de energía obtenida del sol a través de paneles fotovoltaicos.

Estos paneles fotovoltaicos están constituidos por semiconductores, diodos, que se excitan al recibir la radiación solar en forma de fotones y generan una diferencia de potencial entre sus terminales. Un diodo genera una diferencia de potencial tan pequeña que para conseguir tensiones de varios voltios hay que conectar en serie muchos de estos fotodiodos.

El principio de energía fotovoltaica fue un hallazgo del físico francés Edmund Becquerel en 1839 al conseguir iluminar el electrodo de una célula electrolítica con electrolito poco conductor. Durante la década de 1880, las primeras células fotovoltaicas eran fabricadas con Selenio y solamente conseguían entre el 1% y el 2% de eficiencia de conversión. Los principios cuánticos desarrollados en los años 20 y 30, hicieron posible entender el fenómeno fotovoltaico.

El método Czochralski de 1918 fue uno de los mayores avances, que hizo posible que en la década 40-50 se consiguiera fabricar monocristales de Si con la suficiente pureza para el desarrollo de células solares. Las células solares están basadas en los mismos mecanismos físicos que los.

2.2. Principales hitos de la energía solar fotovoltaica.

1839 Edmund Becquerel, físico francés, descubre el efecto fotovoltaico: en una celda electrolítica compuesta de 2 electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora, la generación de energía aumentaba al exponer la solución a la luz.

1873 Willoughby Smith descubre la fotoconductividad de selenio.

1877 W.G.Adams y R.E.Day observan el efecto fotovoltaico en selenio sólido. Construyen la primera celda de selenio.

1904 Albert Einstein publica su trabajo acerca del efecto fotovoltaico.

1951 el desarrollo de la unión p-n crecida posibilita la producción de una celda de germanio monocristalino.

1954 Los investigadores de los Laboratorios Bell publican los resultados de su descubrimiento sobre celdas solares de silicio con una eficiencia del 4,5%.

1955 Se comercializa el primer producto fotovoltaico, con una eficiencia del 2% a 25\$ cada celda de 14mW.

1963 En Japón se instala un sistema fotovoltaico de 242W en un faro.

1973 La Universidad de Delaware construye “Solar One”, una de las primeras viviendas con EFV. Las placas fotovoltaicas instaladas en el techo tienen un doble efecto: generar energía eléctrica y actuar de colector solar.

1978 El NASA LeRC instala un sistema fv de 3,5kWp en la reserva india Papago. Es utilizado para bombera agua y abastecer 15 casas (iluminación, bombeo de agua, refrigeración...)

1982 La producción mundial de EFV supera los 9,3MW. Entra en funcionamiento la planta ARCO Solar Hisperia en California de 1MW.

1996 El “Ícaro”, un avión movido por EFV sobrevuela Alemania. Las alas y la zona de cola están recubiertas de 3000 células superficiales de 21m².



Figura 2: Avión Ícaro

2.3. Características de una instalación fotovoltaica.

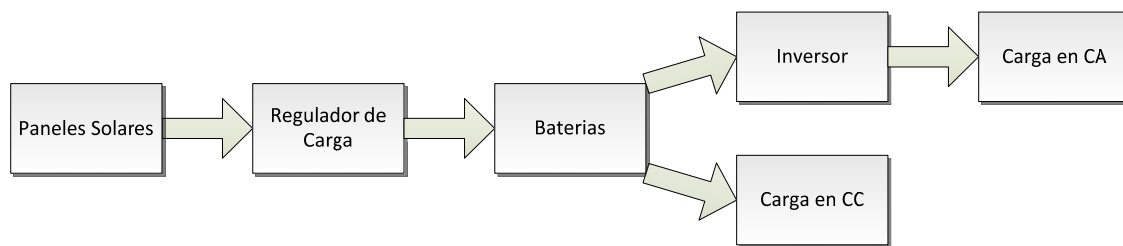


Figura 3: Diagrama de una Instalación fotovoltaica

En primer lugar la luz solar incide en los paneles o módulos fotovoltaicos formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma la luz solar en energía eléctrica continua de 12V.

Esa energía se hace pasar por el regulador de carga. Este regulador acondiciona la energía generada para que se pueda almacenar en las baterías. El regulador se encarga de ir aumentando o disminuyendo el aporte de energía de los paneles a las baterías en función de la carga de éstas.

En las baterías se acumula la energía para así poder disponer de ella cuando no se pueda generar, como, por ejemplo, los días de poca radiación o los periodos nocturnos.

La energía almacenada en las baterías podrá utilizarse directamente para equipos que funcionen con corriente continua, como pueden ser luminarias, o podrá transformarse en corriente alterna a través de un inversor para poder utilizar dicha energía en equipos que funcionen a una tensión de 230V y una frecuencia de 50Hz, que es el estándar eléctrico en España, o 60 Hz (caso de Nicaragua), pudiendo así alimentar cualquier equipo eléctrico que se necesite en un hogar.

2.4. Situación de la energía en Nicaragua y España.

Esta aplicación está diseñada para instalaciones que se vayan a ubicar en España y Nicaragua.

2.4.1. Nicaragua.

La energía producida en Nicaragua es en su mayor parte proveniente de origen térmico. Esto supone unas descargas de CO₂ a la atmósfera muy elevadas.

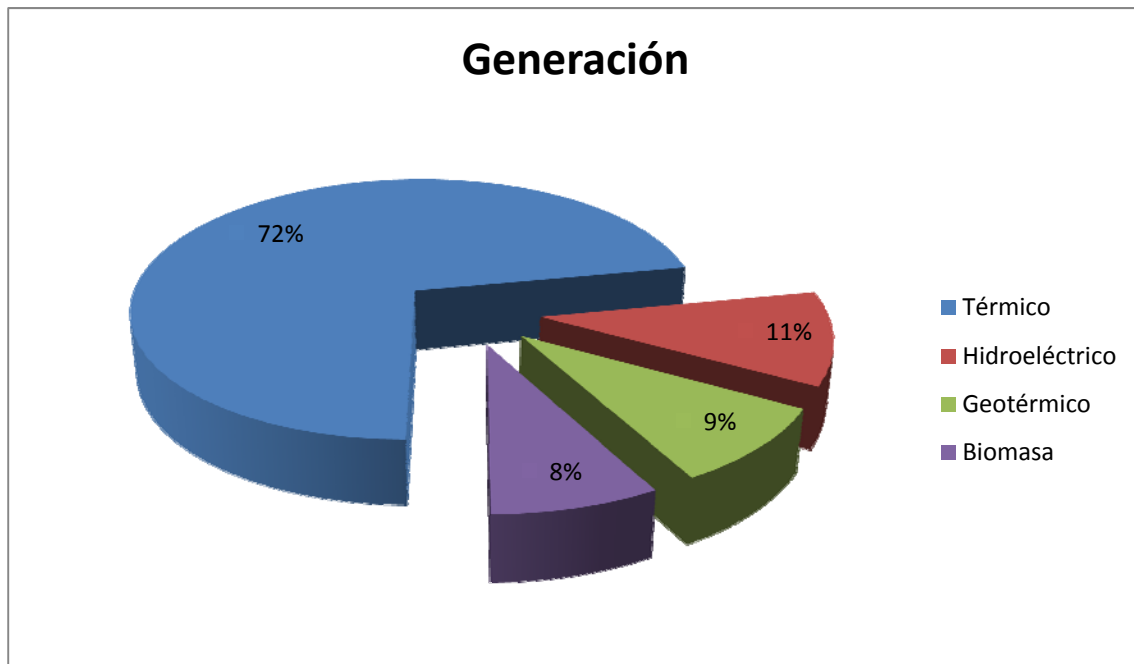


Figura 4: Situación de la generación de energía en Nicaragua.

Debido a la temperatura media anual y a las horas de sol en este país es interesante la utilización de energía solar fotovoltaica como medio de generación para uso domestico, sector que actualmente supone un consumo del 32.8% de la energía generada. Esto quiere decir que si se instalaran paneles fotovoltaicos para abastecer la energía de las viviendas se reduciría en gran medida la dependencia de petróleo en este país.

Con un PIB per cápita de 958.6\$ Nicaragua está en el puesto 134 en cuanto a riqueza mundial. Esto sumado al elevado precio del crudo, muy utilizado para la generación en este país, y a que tiene una densidad de población de 39hab/km², hace que la utilización de energías renovables sea un elemento casi indispensable a corto plazo para el suministro de energía.

La energía solar fotovoltaica es un buen medio para hacer llegar electricidad a pueblos que no estén muy bien comunicados, ya que la generación se puede hacer in situ. Además es una buena forma de abastecer bombas para hacer llegar agua potable a zonas en las que la instalación de canalizaciones sea demasiado costosa.

Las condiciones climatológicas nicaragüenses son óptimas para sacar el máximo rendimiento a las instalaciones fotovoltaicas, ya que es un país con una temperatura media anual no muy elevada y tiene una radiación media anual por encima de 4.5kwh/m²/dia.

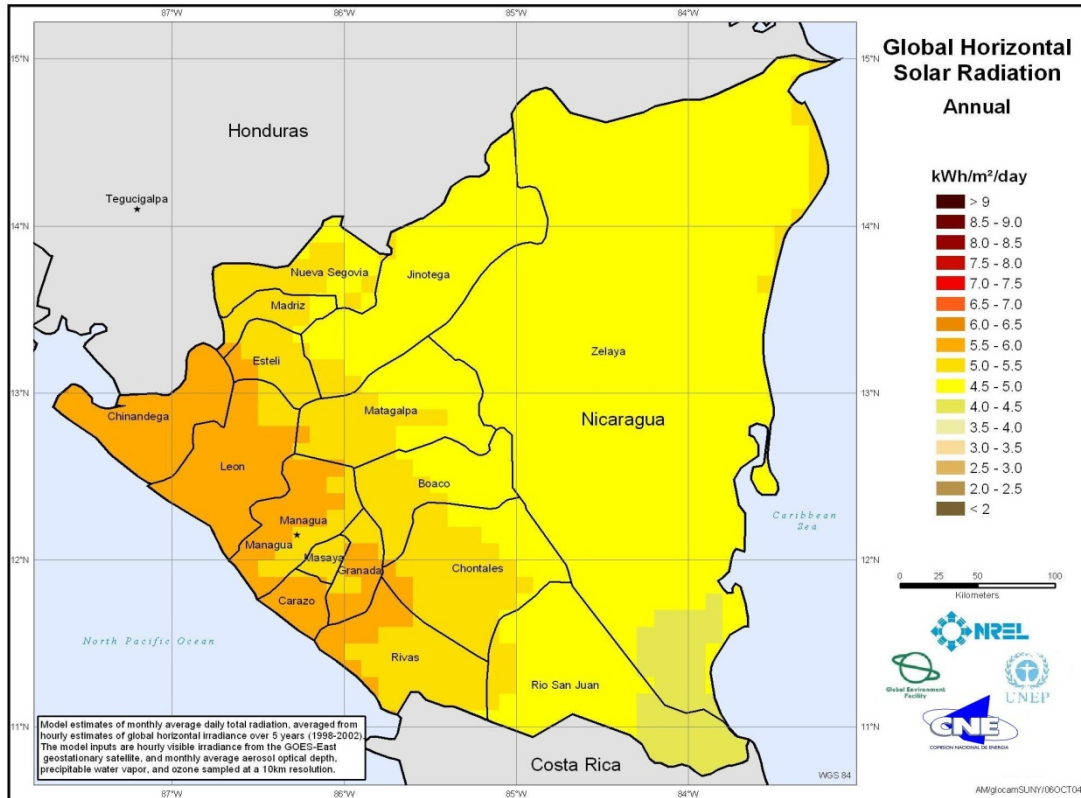


Figura 5: Mapa Solar de Nicaragua (Fuente: Comisión Nacional de Energía).

Esto asegura las suficientes horas de luz para el abastecimiento de cualquier hogar mediante paneles fotovoltaicos.

2.4.2. España.

El caso de España es diferente, el programa diseñado en este proyecto estaría más orientado al suministro de energía en zonas muy despobladas o viviendas que quieran consumir energía limpia.

España es en la actualidad el primer productor mundial de energía fotovoltaica con una potencia instalada estimada de 3.200 MW por delante de Alemania que cuenta con unos 1.350MW. Tan solo en 2008 la potencia instalada en España fue de unos 2.500 MW, debido al anuncio de cambio de regulación a la baja de las primas a la generación que finalmente se produjo en septiembre. Este anuncio provocó que se acelerara la instalación de nuevas centrales para acogerse a una subvención mayor y que la instalación fuera lo mas rentable posible.

La sociedad española, con un PIB de 32.120\$ per cápita y una población de 46 millones de habitantes, cada día demanda más energía que, de no generarse con energías renovables, hace que se incrementen las emisiones de CO₂ notablemente, incumpliendo los objetivos del protocolo de Kioto sobre emisiones generadoras de efecto invernadero y contribuyentes al cambio climático. En la figura 6 se ve como en España, al revés de lo que se acordó en el protocolo de Kioto, cada año aumentan las emisiones de CO₂ a la atmosfera.



Figura 6: incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero

Una buena manera de reducir estas emisiones es invertir en energías limpias, evitando el aumento de la dependencia del petróleo y del gas y disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera. Por ello, y dadas las características climatológicas en España, la energía solar fotovoltaica es una alternativa a la generación a través de combustibles fósiles. Existen una gran cantidad de viviendas que, instalando en sus tejados paneles fotovoltaicos, podrían autoabastecerse de energía limpia. Es cierto que se necesita una gran inversión para hacer una instalación solar fotovoltaica, pero la vida de una instalación de este tipo es de alrededor de 30 años, quedando amortizada a los 15 años con la antigua regulación y alrededor de los 20 años para las nuevas instalaciones. Además en caso de exceso de generación, cuando la energía producida no la consume el usuario, esta se inyecta y se vende al sistema eléctrico.

2.5. Tecnología de las instalaciones.

En este apartado se procederá a explicar cuáles son los componentes básicos de una instalación solar fotovoltaica así como su funcionamiento.

2.5.1. Paneles solares.

2.5.1.1. Definición.

Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por él se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el calor de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado.

Las celdas se conectan en serie para aumentar el nivel de tensión. Es necesario conectar series de entre 30 y 36 células para llegar a tensiones del nivel de 20 V en corriente continua.

Sin embargo se habla de una tensión nominal por panel de 12 V en corriente continúa. El exceso de tensión se requiere para:

- Compensar la caída de tensión en los conductores y en las cargas.
- Poder cargar las baterías de 12V nominales, ya que éstas requieren llegar hasta tensiones de carga del orden de 14 o 15V.
- Compensar las pérdidas de tensión en bornes del panel debido al aumento de la temperatura por exposición a la radiación solar.

2.5.1.2. Parámetros fundamentales.

Corriente de cortocircuito (I_{sc}):

Es la máxima intensidad que se genera en el panel cuando no hay conectado ningún consumo y se cortocircuitan sus bornes. Suele rondar los 3A.

Tensión de circuito abierto (V_{oc}):

Es la máxima tensión que proporciona el panel, cuando no hay conectado ningún consumo (no hay cargas conectadas a los bornes). Suele ser menor de 22V para módulos que vayan a trabajar a 12V en su funcionamiento nominal. Normalmente 20V

Punto de máxima potencia (I_p máx., V_p máx.):

Es el punto para el cual la potencia entregada es máxima, obteniéndose el mayor rendimiento posible del panel. Los valores típicos de I_p máx. y V_p máx. son algo menores que los de I_{sc} y V_{oc} . Varía entre 25 y 300W (V_p máx.=0,5*30=15V).

Factor de forma (FF).

Es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto de $I_{sc} \cdot V_{oc}$. Suele variar entre 0,7 y 0,8.

Eficiencia o rendimiento (η).

Es el cociente entre la máxima potencia eléctrica que el panel puede entregar y la potencia de la radiación solar incidente. Habitualmente su valor oscila entre el 10 y el 18%.

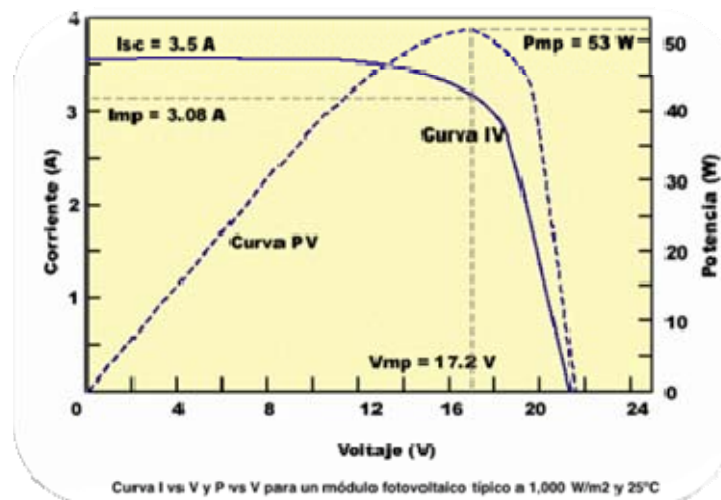


Figura 7: Punto de máxima potencia (V_p máx., I_p máx.).

En la figura 7 se puede observar cómo existe un punto de máxima potencia para V e I , que no serán nunca V_{max} e I_{max} del panel, sino el punto donde el producto de ambas magnitudes es máximo. Si en el sistema se varía la tensión o la intensidad se abandona dicho punto, dejando así de producir potencia al máximo rendimiento y en condiciones óptimas.

2.5.1.3. Especificaciones del fabricante.

Los fabricantes suelen garantizar los módulos por periodos de hasta 10 años trabajando en condiciones del 0 al 100% de humedad relativa y temperaturas de entre -50°C y 90°C. Esto proporciona un rendimiento superior al 10% en 20 años y una vida útil de unos 35 años.

Placa del fabricante de un módulo Solarex VLX-53	
Modelo	VLX-53
P_p	53 W
V_p	17.2 V
I_p	3.08 A
V_{ca}	21.5 V
I_{cc}	3.5 A
Condiciones	1000 W/m², 25°C

Figura 8: Especificaciones de un módulo solar.

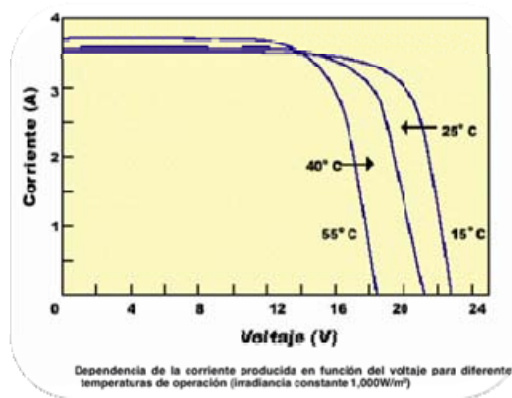


Figura 9: Dependencia del punto de máxima potencia con la temperatura

En la figura 9 se muestra la variación del voltaje en función de la temperatura. A mayor temperatura menor voltaje entre los terminales de un panel y viceversa. Esto quiere decir que si aumenta la temperatura ambiente el voltaje será menor y la potencia generada disminuirá, ya que se modifica el punto de máxima potencia. Por lo tanto se aconseja que los paneles trabajen a una temperatura media de 25°C.

2.5.2. Baterías.

2.5.2.1. Definición.

Tipos de baterías utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas:

- Plomo ácido (Pb-ácido).
- Níquel-Cadmio (Ni-Cd).

Más del 90% de las baterías, que están en el mercado actualmente, corresponde a las de Plomo ácido, ya que, siempre que se pueda realizar un mantenimiento, son las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica.

Dentro de las de Plomo ácido se encuentran las de Plomo-Calcio (Pb-Ca) y las de Plomo-Antimonio (Pb-Sb). Las primeras tienen a su favor una menor autodescarga, así como un mantenimiento más limitado, mientras que las de Pb-Sb de tipo abierto y tubular se deterioran menos con la sucesión de ciclos y presentan mejores propiedades para niveles de baja carga. Este segundo tipo de baterías soporta grandes descargas y siempre tienen, dependiendo de las condiciones de uso, una vida media de 10 a 15 años.

Todas estas baterías pueden presentarse en forma estanca, conocidas como libres de mantenimiento o sin mantenimiento, lo que es beneficioso para algunas aplicaciones.

2.5.2.2. Conceptos básicos.

Acumulador:

Asociación eléctrica de baterías.

Batería:

Fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.

Autodescarga:

Pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto, habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes a temperatura de 20°C.

Capacidad nominal C20 (Ah):

Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20°C, hasta que la tensión entre sus terminales llega a 1,8V/vaso.

Estado de carga:

Cociente entre la capacidad de una batería, en general parcialmente descargada, y su capacidad nominal.

Profundidad de descarga (PD):

Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa habitualmente en %.

Capacidad útil.

Capacidad disponible o utilizable de la batería. Se define como el producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida, PDmax.

Régimen de carga (o descarga):

Parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual se realiza la carga (o descarga). Normalmente se expresa en horas y se representa como un subíndice en el símbolo de la capacidad y de la corriente a la cual se realiza la carga o la descarga.

2.5.3. Reguladores de carga.

2.5.3.1. Definiciones.

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. El regulador podrá no incluir alguna de estas funciones si existe otro componente del sistema encargado de realizarlas.

Voltaje de desconexión de las cargas de consumo:

Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo.

Voltaje final de carga:

Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

2.5.3.2. Características.

Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida.
- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito.
- Se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura máxima, de:
 - Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en condiciones estándar de medida.
 - Corriente en la línea de consumo: un 25% superior a la corriente máxima de la carga de consumo.
- Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3% del consumo diario de energía.

- El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:
 - Tensión nominal.
 - Corriente máxima.
 - Fabricante y número de serie.
 - Polaridad de terminales y conexiones.

2.5.4. Inversores.

2.5.4.1. Definición.

El inversor es un componente electrónico que se encarga de convertir la corriente continua, que le llega de las baterías, en corriente alterna para poder alimentar cargas que no funcionen en corriente continua. Se recomienda que, siempre que se pueda, las cargas funcionen en corriente continua, y solo cuando no haya alternativa en corriente alterna.

Potencia nominal (VA):

Potencia que el inversor es capaz de entregar de forma continua a las cargas, especificada por el fabricante.

Capacidad de sobrecarga:

Capacidad del inversor para entregar mayor potencia que la nominal durante ciertos intervalos de tiempo.

Factor de potencia (FP):

Cociente entre la potencia activa y la potencia aparente a la salida del inversor.

Distorsión armónica total (DAT):

Parámetro utilizado para indicar el contenido armónico de la onda de tensión de salida del inversor.

$$TDH(\%) = DAT(\%) = 100 \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n=\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (1)$$

Formula 1: DAT

Donde V_1 es el armónico fundamental y V_n es el armónico enésimo.

2.5.4.2. Características.

Los inversores serán de onda sinusoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no sinusoidal, si su potencia nominal es inferior a 1kVA, no provocan daño a las cargas y aseguran una correcta operación de estas.

La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida sean $V_{nom} \pm 5\%$, siendo $V_{nom}=220 \text{ Vrms}$ o 230 Vrms $50\text{Hz} \pm 2\%$ o $60\text{Hz} \pm 2\%$.

Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2% de la potencia nominal de salida.

Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor de carga serán inferiores al 5% del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío.

El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites siguientes:

Tipo de inversor	Rendimiento a P_n	Rendimiento al 20% de P_n
Onda sinusoidal $P_{nom} < 500\text{VA}$	> 80%	> 70%
Onda sinusoidal $P_{nom} > 500\text{VA}$	> 85%	> 80%
Onda no sinusoidal	> 85%	> 85%

Se considera que los inversores son de onda sinusoidal si la DAT de la tensión de salida es inferior al 5% cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20 hasta el 100% de la potencia nominal.

2.6. Tipos de instalaciones, seguidores solares.

El objetivo del seguimiento es seguir la trayectoria del sol en cada momento del año, de forma que la superficie de los paneles esté siempre orientada perpendicularmente a los rayos del sol.

2.6.1. Tipos de seguimiento

2.6.1.1. Seguimiento cenital.

Este tipo de seguimiento es de un solo eje y es aquél en el que se sigue la trayectoria del sol desde su posición más baja hasta su posición más alta, con un eje de rotación horizontal.

2.6.1.2. Seguimiento acimutal.

Este tipo de seguimiento es de un solo eje y es aquél en el que se sigue la trayectoria del sol desde su posición más oriental hasta su posición más accidental, con un eje de rotación vertical.

2.6.1.3. Seguimiento polar.

Este tipo de seguimiento es de un solo eje y es aquél en el que se sigue la trayectoria del sol desde su posición más oriental hasta su posición más occidental, con un eje de rotación inclinado respecto a la vertical.

2.6.1.4. Seguimiento polar.

Este tipo de seguimiento es de dos ejes y es aquél en el que se sigue la trayectoria del sol desde su posición más occidental hasta su posición más oriental, con un eje de rotación vertical, y que sigue la trayectoria del sol desde su posición más baja hasta su posición más alta, con un eje de rotación horizontal. Es decir, es el resultado de combinar el seguimiento acimutal con el seguimiento cenital.

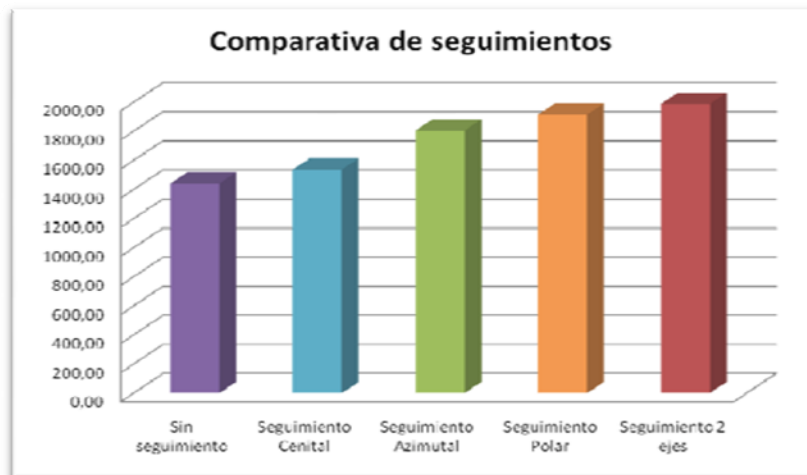


Figura 10: Comparativa de tecnologías de seguimiento

El mejor de los seguimientos es el de dos ejes y el polar. Principales problemas:

- Coste de adquisición e instalación.
- Elevado coste de mantenimiento, lo que hace que su rentabilidad no sea elevada.

Si a esto le añadimos que casi todo el aumento de la producción que se obtiene con el seguimiento de dos ejes es debido al seguimiento acimutal, la mejor manera de optimizar la instalación será escogiendo un seguidor con esta tecnología únicamente, ya que el seguimiento cenital aumenta mas los costes que los beneficios, mientras que en el seguimiento acimutal los costes de adquisición, instalación y mantenimiento son asumibles ya que están compensados con los beneficios que se obtienen en la producción.

2.7. Definiciones básicas.

A continuación se explicarán los términos necesarios que se deben conocer para poder crear una instalación solar fotovoltaica.

Radiación solar:

Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia:

Densidad de potencia incidente en una superficie o energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en W/m^2 o kW/m^2 .

Irradiación G:

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Se mide en Wh/m^2 o kWh/m^2 .

Condiciones Estándar de medida (CEM).

Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos y definidos del modo siguiente:

- Irradiancia: 1000 W/m^2 .
- A nivel del mar.
- Temperatura de célula: 25°C .

Potencia máxima del generador (potencia de pico):

Potencia máxima que puede entregar el modulo en las CEM.

TONC:

Temperatura de operación nominal de la celda, definida como la temperatura que alcanzan las celdas solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM 1,5G, la temperatura ambiente es de 20°C y la velocidad del viento es de 1m/s .

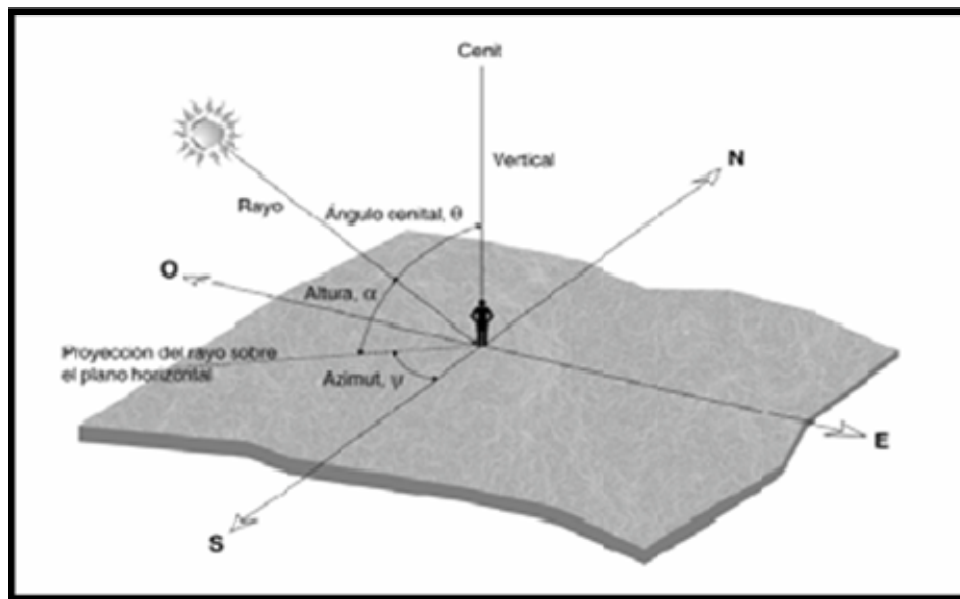
Latitud:

Distancia angular de un lugar en su meridiano (0° - 90°) al norte o sur del ecuador.

Longitud:

Distancia angular medida hasta 180° al este o al oeste de un meridiano de base al de Greenwich.

Geometría solar:



- El ángulo azimut (ψ), es el que forman la proyección del vector Sol-Tierra sobre el plano horizontal con el eje vertical.
- El ángulo cenital (ϕ), es el que forman el vector Sol-Tierra con el eje vertical.
- El complementario de este ángulo se conoce como altura solar (α).

3. Software del proyecto

Lo primero que se hizo fue estudiar la viabilidad de la aplicación, estudiando las posibilidades que existían, tales como el lenguaje de programación, el sistema de bases de datos, el entorno de programación, etc.

Una vez que se decidió qué aplicaciones se iban a utilizar se recopiló información sobre los componentes de la instalación, para poder hacer las bases de datos necesarias. Así, se busco información y especificaciones de los paneles, reguladores, baterías e inversores. Además se hizo una base de datos con las localidades más importantes de España y Nicaragua, indicando su latitud y las irradiaciones mensuales, así como la irradiación media anual.

Cuando la base de datos se terminó, se crearon funciones en java capaces de imprimir en terminal la base de datos especificada. Esto era el principio fundamental del programa, ya que a partir de este punto se podían recuperar los datos que se quisieran, algo necesario para este software.

Cuando las conexiones funcionaron bien se procedió a realizar un programa primario. Este programa tenía que realizar las mismas operaciones que la aplicación final. Era algo rudimentario pero era una buena forma de ver lo que la aplicación final tenía que hacer, al poder imprimir cada paso que daba el programa en el terminal, se podía observar donde fallaba la programación, si las conexiones con las bases de datos se hacían de forma correcta y si las variables tomaban los datos necesarios para poder hacer los cálculos finales de la instalación.

Una vez que el programa primario hacia lo que se le requería y mostraba los cálculos de la instalación correctamente se paso a realizar el programa final. Antes de realizar el programa final había que estudiar cómo se iba a realizar la interfaz. Parecía totalmente necesario que el usuario fuera paso a paso, que siempre tuviera delante la información sobre los componentes, las características y la ubicación de su instalación, debía ser una interfaz sencilla y no muy recargada.

Cuando se concretaron las características de cómo tenía que ser la interfaz gráfica, se estudiaron las posibilidades que existían. Más adelante se expondrán todos los recursos utilizados para realizar el software.

Lo único que faltaba era realizar de nuevo el código y que funcionara.

3.1. Especificaciones técnicas.

Después de explicar cómo ha sido el proceso de desarrollo de la aplicación, se presentará el paradigma de programación utilizado, y el lenguaje de programación escogido para el desarrollo de esta aplicación.

Para empezar, es sabido que el paradigma más indicado para realizar una aplicación modular como la propuesta en este proyecto, es el *paradigma orientado a objetos* (POO) que es mucho más potente que el *paradigma de programación estructurada*. Éste está indicado para aplicaciones más grandes y profesionales ya que aporta cosas muy importantes que han sido de gran utilidad, como son la herencia y el polimorfismo.

3.1.1. Java.

A continuación se expondrán las razones por las cuales se ha utilizado este lenguaje de programación y no otro:

- Es multiplataforma. Hoy en día en prácticamente todos los ordenadores está instalada la máquina virtual de java para múltiples aplicaciones.
- Permite la programación orientada a objetos.
- Es un lenguaje que toma lo mejor de otros lenguajes, y tiene una sintaxis muy parecida a la de C++, que es conocida por el autor de la aplicación.

Java es un lenguaje de programación creado por Sun Microsystems a principio de los años 90. Entre 2006 y 2007, Sun Microsystems liberó la mayor parte de sus tecnologías Java bajo la licencia GNU GLP, de acuerdo con las especificaciones del Java Community Process, de tal forma que prácticamente todo el Java de Sun es ahora software libre.

Java permite dividir el programa en módulos reutilizables desde otros programas Java. Tiene una colección de módulos estándar que se pueden utilizar como base de los programas. También hay módulos incluidos que proporcionan E/S de ficheros, llamadas al sistema, sockets³ e incluso GUI⁴.

Java es un lenguaje interpretado, lo que ahorra un tiempo considerable en el desarrollo del programa, pues no es necesario compilar ni enlazar. El intérprete se puede utilizar de modo interactivo, lo que facilita experimentar con características del lenguaje.

³ Socket designa un concepto abstracto por el cual dos programas (posiblemente situados en computadoras distintas) pueden intercambiarse cualquier flujo de datos, generalmente de manera fiable y ordenada.

⁴ La interfaz gráfica de usuario (GUI) es un tipo de interfaz que utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz.

Características:

- Programación orientada a objetos.
- Multiplataforma.
- Soporte para trabajo en red.
- Ejecutar código en sistemas remotos de forma segura.
- Fácil de usar y tomar lo mejor de otros lenguajes orientados a objetos, como C++.

3.1.1.1. Orientación a objetos.

La orientación a objetos es un método de programación. La interpretación de la orientación a objetos es diseñar el software de forma que los datos que se usen estén unidos a sus operaciones. Así, los datos y el código se combinan formando entidades llamadas objetos. Un objeto puede verse como un paquete que contiene el código y los datos. El principio es separar las cosas que cambian de las que no. Normalmente, cambiar una estructura de datos conlleva un cambio en el código que opera sobre los mismos. La finalidad es hacer que proyectos de gran envergadura sean fáciles de gestionar y manejar, mejorando así su calidad y reduciendo el número de aplicaciones fallidas. Una de las grandes posibilidades que da la programación orientada a objetos es la creación de objetos que permitan la reutilización de software entre proyectos, algo útil dentro de la ingeniería del software.

3.1.1.2. Multiplataforma:

Esto significa que un programa escrito en Java puede ejecutarse en cualquier soporte. Es decir, la posibilidad de escribir un programa una vez y poder ejecutarlo en cualquier dispositivo, tal y como describe el axioma de Java, “write once, run everywhere”.

Esto se consigue compilando el código fuente, escrito en java, y consiguiendo un código conocido como “bytecode”⁵. El bytecode es, más tarde, ejecutado en la máquina virtual (JVM), que es un programa específico de la plataforma de destino (que es quien entiende su hardware), que interpreta y ejecuta el código. Hay que tener en cuenta que aunque hay una etapa explícita de compilación, el bytecode que se genera es convertido o interpretado a instrucciones máquina del código nativo por el compilador JIT (Just In Time).

⁵ Bytecode son instrucciones máquina simplificadas específicas de la plataforma Java

3.1.1.3. Recolector de basura:

En otros lenguajes como C++ los programadores son los encargados de tener que administrar la memoria solicitada de forma manual.

En C++, el programador es quien asigna la memoria en una zona conocida como *heap* (montículo) para crear un objeto, y quien desaloja posteriormente ese espacio asignado cuando se desea borrarlo. Si a la hora de desalojar la memoria solicitada no estuviera ordenada por código podría ocurrir una fuga de memoria, ya que el sistema operativo creerá que la zona de memoria está en uso cuando en realidad no es así. Así un programa mal diseñado podría necesitar una enorme cantidad de memoria o si se desaloja dos veces una región de memoria, el programa podría volverse inestable y *colgarse*.

En java eso no ocurre, es evitado por el recolector de basura (automatic garbage collector). El programador determina cuándo se crean los objetos, pero es *Java runtime* (entorno en tiempo de ejecución de Java) el que gestiona el ciclo de vida de los objetos. En Java cuando las referencias a un objeto se terminan se borra el objeto, liberando así la memoria ocupada.

3.1.2. SQLite.

SQLite es un proyecto de dominio público creado por Richard Hipp.

A diferencia de otros sistemas de base de datos, el motor SQLite no es un proceso independiente con el que el programa principal se comunica, sino que se enlaza con él pasando a formar parte del mismo. El programa utiliza SQLite a través de llamadas simples a funciones. Esto hace que disminuya el tiempo de acceso a la base de datos. El conjunto de la base de datos es guardado como un fichero estándar, lo que hace que los programas tengan una gran portabilidad.

Una de sus grandes utilidades es que varios procesos pueden acceder a una misma base de datos sin ningún inconveniente. Varios accesos de lectura a la base de datos pueden ser servidos en paralelo, pero un acceso de escritura debe ser único ya que si se comienza un acceso de escritura y existe alguno de lectura, el de escritura devolverá un error.

SQLite es de código simple y encaja a la perfección con Java. Estas son las razones por las que en este proyecto se ha optado por utilizar este tipo de base de datos.

3.1.3. Eclipse.

Eclipse es el entorno de desarrollo utilizado en este proyecto, es de interfaz simple y amigable y con un motor muy potente.

Eclipse es un entorno de programación de código abierto multiplataforma.

Esta aplicación, que fue creada en su día por IBM como sucesor de su familia de herramientas para VisualAge, es desarrollada por la Fundación Eclipse, una organización sin ánimo de lucro que fomenta una comunidad de código abierto.

El *entorno de programación integrado* (IDE) de Eclipse utiliza módulos para desarrollar todo su potencial, a diferencia de otros entornos donde todas las funcionalidades están integradas aunque el usuario no las necesite.

Eclipse lleva integradas las herramientas de desarrollo de Java, ofrece un IDE con un compilador de Java interno y un modelo completo de los archivos fuente de Java. Esto permite técnicas avanzadas de refactorización y análisis de código.

Este entorno de programación dispone de un editor de texto que resalta la sintaxis, haciendo más comprensible y facilitando la lectura de la codificación. La compilación es en tiempo real.

3.1.4. Swing.

Swing es la biblioteca gráfica que se ha utilizado para realizar SolarSoft.

Incluye herramientas para interfaz tales como cajas de texto, botones, paneles, etc.

Sigue un modelo simple de programación por hilos, y sus características principales son:

- Independencia de la plataforma.
- Extensibilidad: su arquitectura está particionada de tal forma que los usuarios pueden realizar sus propias implementaciones.
- Personalizable: el control permite darle al programa diferentes estilos tales como el de MacOS o el de Windows Vista o Xp. Además cada usuario tendrá la posibilidad de implementar nuevos estilos a su gusto.

En el caso de SolarSoft no se ha modificado el estilo de tal manera que se verá diferente dependiendo del sistema operativo utilizado o del estilo visual del sistema operativo, si éste estuviera modificado.

4. Ejemplo de la aplicación.

En este capítulo se expone un ejemplo de cómo calcular una instalación solar fotovoltaica.

Al arrancar el archivo SolarSoft.jar lo primero que aparece es la ventana principal. En ella se encuentran los accesos a la selección de los componentes y las características de la aplicación, así como un breve resumen de las elecciones tomadas en cada apartado. Este resumen sirve para que el usuario siempre tenga constancia de las elecciones tomadas. De esta manera cuando se abre un proyecto guardado con anterioridad no hará falta entrar en cada módulo de selección para ver los componentes seleccionados, simplemente aparecerán en la ventana principal.

The screenshot shows the SolarSoft application window. On the left is a vertical menu with buttons: UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS, PANELES, REGULADORES, BATERIAS, INVERSORES, and AVANZADO. The main area has radio buttons for 'ESPAÑA' (selected) and 'NICARAGUA'. Below these are several data entry tables. The first table has columns: País, Localidad, Latitud (°), and Irradiancia Anual (kWh/m2). The second table has columns: Energía (Wh/día), Tensión (Vcc), Sombreado, Inclinação (°), and Orientación (°). The third table has columns: Marca, Modelo, Potencia (W), Imp (A), Icc (A), Vmp (V), and Vca (V). The fourth table has columns: Marca, Modelo, Vnom (Vcc), and Imáxima (A). The fifth table has columns: Marca, Modelo, Vnom (Vcc), and C20 (Ah). The sixth table has columns: Marca, Modelo, Vnom (Vcc), and Pmáxima (W). At the bottom right are 'Informe' and 'Salir' buttons.

Figura 11: Ventana principal de SolarSoft.

El primer paso será seleccionar el país en el que se llevará a cabo la instalación. Esta aplicación permite seleccionar entre España y Nicaragua, como se ve en la figura 11.

La obtención de información sobre Nicaragua para la base de datos ha sido una tarea ardua, ya que hay muy pocos estudios sobre radiación solar sobre este país. Además, al no existir gran cantidad de información, en la base de datos solo aparecen las ciudades ó comarcas mas importantes, lo cual no es un impedimento ya que la base de datos de localidades es totalmente ampliable.

Para el ejemplo que se va a exponer se ha elegido la localidad española de Valencia como emplazamiento de la instalación, de igual forma podría haber sido una localidad nicaragüense, una demanda diaria de energía de 1000Wh/día y una tensión de 24V.

Ubicación de la Instalación

País	España
Localidad	Valencia
Latitud (°)	39.5

Irradiación mensual (kWh/m2)	
Enero	2.11
Febrero	2.94
Marzo	4.14
Abril	5.03
Mayo	5.72
Junio	6.33
Julio	6.61
Agosto	5.75
Septiembre	4.64
Octubre	3.33
Noviembre	2.42
Diciembre	1.83
Media Anual	4.24

Teruel	▲ ▼
Valencia	
Valladolid	
Vigo	
Zaragoza	

Añadir	Borrar
Cancelar	Aceptar

Figura 12: Ventana de selección de emplazamiento

En la ventana principal si se pulsa el botón “Ubicación” aparece esta ventana, en ella al seleccionar una localidad se muestran los datos de latitud, irradiación mensual e irradiación media anual. Para seleccionar la localidad habría que pinchar dos veces en ella, o una vez y pulsar aceptar.

En esta ventana se aprecian los botones “cancelar”, que sirve para volver a la ventana principal sin hacer ninguna selección, el botón “añadir”, que al pulsar aparece una nueva ventana para añadir una nueva localidad a la base de datos, y el botón borrar, que sirve para borrar una localidad de la base de datos.

Una vez que se ha seleccionado la localidad se cierra la ventana de selección y vuelve a activarse la ventana principal. Ahora, en la ventana principal se habrá activado el botón “características” y aparecerá la información de la localidad escogida en los campos contiguos al botón “ubicación”.

SolarSoft

Archivo Ayuda

☒ ESPAÑA ☐ NICARAGUA

UBICACIÓN

País	Localidad	Latitud (°)	Irradiancia Anual (kWh/m2)
España	Valencia	39.5	4.24

CARACTERÍSTICAS

Energía (Wh/día)	Tensión (Vcc)	Sombreado	Inclinación (°)	Orientación (°)

PANELES

Marca	Modelo	Potencia (W)	Imp (A)	Icc (A)	Vmp (V)	Vca (V)

REGULADORES

Marca	Modelo	Vnom (Vcc)	Imáxima (A)

BATERIAS

Marca	Modelo	Vnom (Vcc)	C20 (Ah)

INVERSORES

Marca	Modelo	Vnom (Vcc)	Pmáxima (W)

AVANZADO

Informe Salir

Figura 13: Ventana principal con localidad escogida.

El siguiente paso será pulsar el botón “características”; una vez pulsado aparecerá una nueva ventana en la que habrá que indicar las características técnicas de la instalación.

Características de la Instalación

Demanda diaria de energía (kWh/día) 1000

Factor de sombreado [0.1-1] 1.0

Inclinación [0-90](°) 30

Orientación opt=0°(°) 0

Tensión (Vcc) ☐ 12 ☒ 24 ☐ 48

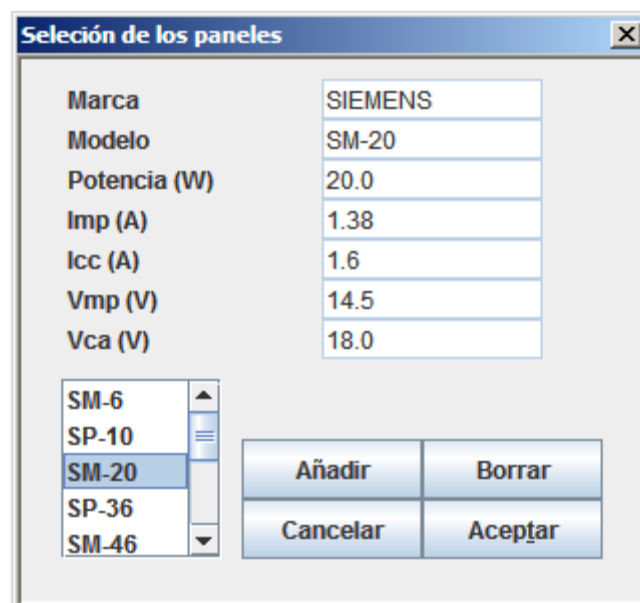
Cancelar Aceptar

Figura 14: Ventana de selección de características de la instalación.

En esta ventana habrá que indicar la demanda energética diaria, el factor de sombreado, que indica cuánta sombra afecta a los paneles, la inclinación de los paneles, que por defecto aparece la óptima, y la orientación, que también aparece la óptima por defecto. Una vez indicados todos los valores habrá que pulsar en la tensión deseada, ya que si no se podrá salir de la ventana y saldrá un mensaje de error.

Una vez que se acepten los datos la ventana se cerrará y se volverá a activar la ventana principal. Ahora la información introducida aparecerá en los campos junto al botón “características”, y el botón “paneles” aparecerá activado.

El siguiente paso será elegir los paneles que formarán el módulo solar fotovoltaico. Para elegirlos se pulsará en el botón “paneles” y aparecerá la ventana de selección. En esta ventana se muestra un listado de todos los paneles que forman la base de datos de SolarSoft. Si se pulsa una vez en un modelo de panel aparecerá toda la información que se necesita para hacer los cálculos. Para elegir un panel habrá que pulsar dos veces en el seleccionado o pulsar el botón aceptar.



La imagen muestra una ventana de software titulada "Selección de los paneles". En la parte superior, hay un campo de texto para "Marca" con el valor "SIEMENS". Debajo, hay una lista de atributos técnicos con sus respectivos valores: "Modelo" (SM-20), "Potencia (W)" (20.0), "Imp (A)" (1.38), "Icc (A)" (1.6), "Vmp (V)" (14.5) y "Vca (V)" (18.0). En la parte inferior izquierda, hay una lista de selección con los modelos "SM-6", "SP-10", "SM-20", "SP-36" y "SM-46", donde "SM-20" está seleccionado. A la derecha de esta lista, hay cuatro botones: "Añadir", "Borrar", "Cancelar" y "Aceptar".

Marca	SIEMENS
Modelo	SM-20
Potencia (W)	20.0
Imp (A)	1.38
Icc (A)	1.6
Vmp (V)	14.5
Vca (V)	18.0

SM-6	▲
SP-10	≡
SM-20	■
SP-36	▼
SM-46	▼

Añadir	Borrar
Cancelar	Aceptar

Figura 15: Ventana de selección de paneles.

Al hacer la elección habrá que ser consecuente con la misma, ya que si el panel es demasiado grande aparecerá una ventana de error para que se seleccione otro modelo.

Como se puede apreciar existen los botones de “añadir” y “borrar” que sirven para realizar modificaciones en la base de datos, y el botón de “cancelar” que sirve para volver a la ventana principal sin haber seleccionado ningún panel.

Una vez realizada la selección, aparecerá en la ventana principal toda la información referente al panel elegido, y se activará el botón “reguladores”.

La siguiente selección que habrá que realizar será la selección del regulador. Una vez pulsado el botón “reguladores” aparecerá una nueva ventana de selección, en ella solo se le mostraran al usuario los reguladores que cumplen con las condiciones de tensión nominal y de intensidad máxima.

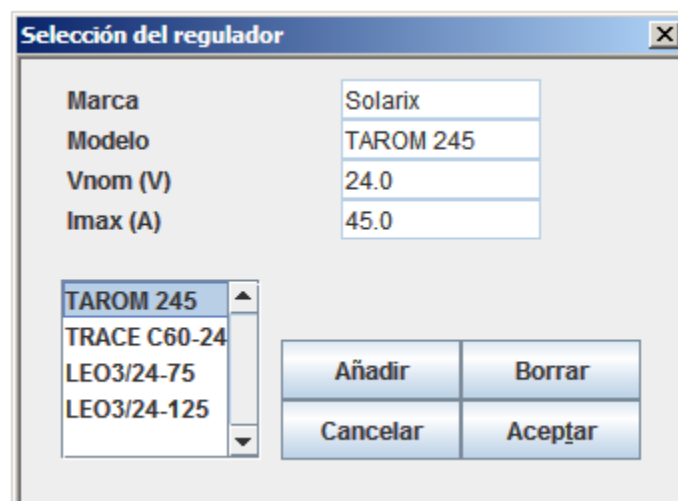


Figura 16: Ventana de selección del regulador.

En la ventana de selección aparece un listado de los reguladores que cumplen los requisitos, el usuario puede pulsar en un modelo para ver la información referente a ese regulador. Una vez que se ha tomado la decisión de qué regulador se va a instalar, basta con pulsar dos veces sobre el modelo elegido, o pulsar el botón “aceptar”.

En esta ventana también se le da al usuario la capacidad de añadir o borrar elementos de la base de datos de SolarSoft.

Una vez seleccionado el regulador aparecerá toda la información en la ventana principal y se activará el botón “baterías”.

El siguiente paso será seleccionar las baterías que formarán el acumulador. Para ello se pulsará en el botón “baterías”. Una vez pulsado el botón aparecerá una nueva ventana de selección, en ella se mostrará toda la información necesaria para llevar a cabo una instalación referente a las baterías.

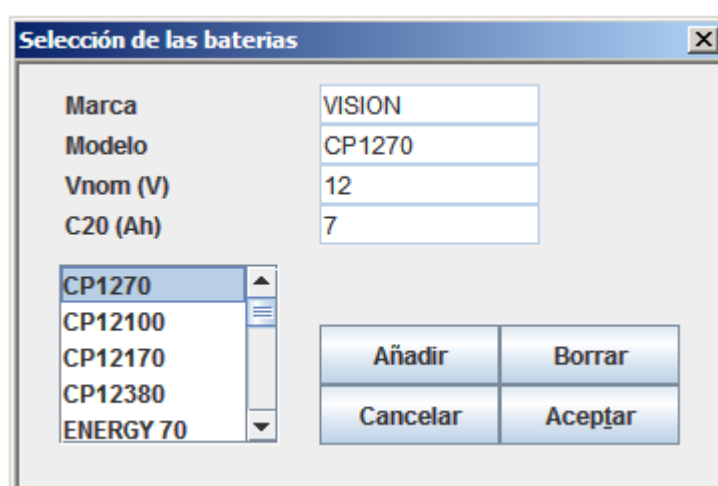


Figura 17: Ventana de selección de baterías.

En esta ventana aparecerá la información cuando se pulsa una vez sobre un modelo. Para seleccionarlo habrá que pinchar dos veces sobre el modelo elegido, o una vez seleccionado pulsar aceptar.

Se podrán añadir o borrar elementos de la base de datos con los botones correspondientes. Si se desea salir sin seleccionar bastará con seleccionar el botón “cancelar”.

Al seleccionar el elemento deseado aparecerá la información en la ventana principal y se activará el botón “inversores”.



La imagen muestra una ventana de software titulada "Selección del inversor". En la parte superior, hay un campo de texto para "Marca" con el valor "ASP". Debajo, hay un campo de texto para "Modelo" con el valor "ALLEGRO 1200". A continuación, hay dos campos de texto: "Vnom (V)" con el valor "24" y "Pmax (W)" con el valor "1000". En la parte inferior izquierda, hay una lista desplegable que muestra "ALLEGRO 1200" como el elemento seleccionado, con otras opciones visibles: "TC 13/24", "TC 20/24", "TC 30/24" y "BC 2x3024". En la parte inferior derecha, hay cuatro botones: "Añadir", "Borrar", "Cancelar" y "Aceptar".

Figura 18: Ventana de selección del inversor.

Los modelos que se muestran al usuario son los que cumplen las condiciones de tensión nominal y de potencia máxima, así que el usuario no tendrá que comprobar si el modelo seleccionado cumple o no con las expectativas de su instalación.

Como en las demás ventanas de selección, en ésta cuando se elige un modelo de inversor aparece la información en los campos. Para seleccionar un inversor habrá que pinchar dos veces o una para seleccionarlo y después pulsar el botón “aceptar”. Para salir sin seleccionar se pulsara el botón “cancelar”.

Para aumentar la base de datos habrá que pulsar en el botón “añadir”. Aparecerá una nueva ventana en la que habrá que ir rellenando los campos y aceptar, y para eliminar algún modelo se pulsara el botón “borrar”.

Una vez que se han seleccionado todos los componentes queda la opción de modificar las características avanzadas. Estas características son:

- Autonomía de la instalación.
- Profundidad de descarga máxima del acumulador.
- Rendimiento del inversor.
- Rendimiento del conjunto regulador-acumulador.

Estas características tienen por defecto valores estándar. Un usuario sin los suficientes conocimientos podrá no entrar en este módulo y el programa utilizará valores normalizados para calcular su instalación.

Autonomía en días	3
Profundidad de descarga	0.7
Rendimiento inversor	0.85
Rendimiento acu + regu	0.81

Cancelar Aceptar

Figura 19: Ventana de selección de características avanzadas.

El siguiente paso será ver el informe que el programa crea. Este informe muestra los resultados de las elecciones tomadas, las condiciones climatológicas del emplazamiento escogido, el número de componentes a instalar tanto en serie como en paralelo, etc.

Lo que se ha intentado al realizar dicho informe es que un usuario pueda realizar una instalación sin necesidad de tener unos conocimientos amplios sobre energía solar fotovoltaica o tener que realizar cálculos, simplemente con ir realizando las acciones paso a paso podrá obtener las indicaciones para realizar una instalación totalmente funcional y optimizada para cubrir sus necesidades.

Informe técnico de la instalación

SolarSoft

INFORME TECNICO DE LA INSTALACIÓN

DATOS DE LA UBICACIÓN

País: España Localidad: Valencia Latitud: 39.5

IRRADIACIÓN DIARIA MEDIA MENSUAL EN LA LOCALIDAD ESCOGIDA Gdm(0) [kWh/m2]

Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octu.	Novi.	Dici.
2.11	2.94	4.14	5.03	5.72	6.33	6.61	5.75	4.64	3.33	2.42	1.83

IRRADIACIÓN DIARIA MEDIA MENSUAL EN LA LOCALIDAD ESCOGIDA Gdm(a,b) [kWh/m2]

Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octu.	Novi.	Dici.
2.43	3.38	4.76	5.78	6.58	7.28	7.60	6.61	5.34	3.83	2.78	2.10

Imprimir Guardar Salir

Figura 20: Ventana del informe técnico.

Como se ve en esta ventana, una vez que el informe está en pantalla, se le dan las opciones al usuario de imprimir dicho informe o de guardarlo. Al imprimir aparece una ventana de selección de impresora, si el PC del usuario lo permite, se podrá imprimir en papel o en formato pdf para poder utilizarlo más adelante.

Si lo que interesa es guardar, el informe se guardará en un archivo de texto plano. Estos archivos son muy ligeros y se pueden abrir con cualquiera de los procesadores de texto que existen en el mercado.

Una vez que se esté de acuerdo con el informe y se hayan realizado con éxito las operaciones de guardar o imprimir, se pulsará el botón “salir”. Esta acción hará que el sistema vuelva a la ventana principal donde se podrá guardar el proyecto o simplemente salir de la aplicación.

Si en algún momento el usuario tuviera alguna duda, basta con dejar un segundo el ratón sobre un campo o un botón e inmediatamente aparecerá un cuadro de dialogo informando sobre él.

Figura 21: Demostración del texto de ayuda.

Si la duda no quedara resuelta, habría que ir a la ayuda. Para acceder a la ayuda hay que pinchar en “Ayuda” y dentro de esta en “Ayuda”. Aparecerá una ventana con toda la información necesaria para conocer muchos de los conceptos que se explican en la carrera. Así como qué significa cada magnitud, las unidades de medida de estas, tecnología de las instalaciones fotovoltaicas, todo lo que hay que conocer sobre paneles, reguladores, baterías e inversores, etc. En resumen, con la ayuda se podría calcular una instalación fotovoltaica manualmente.

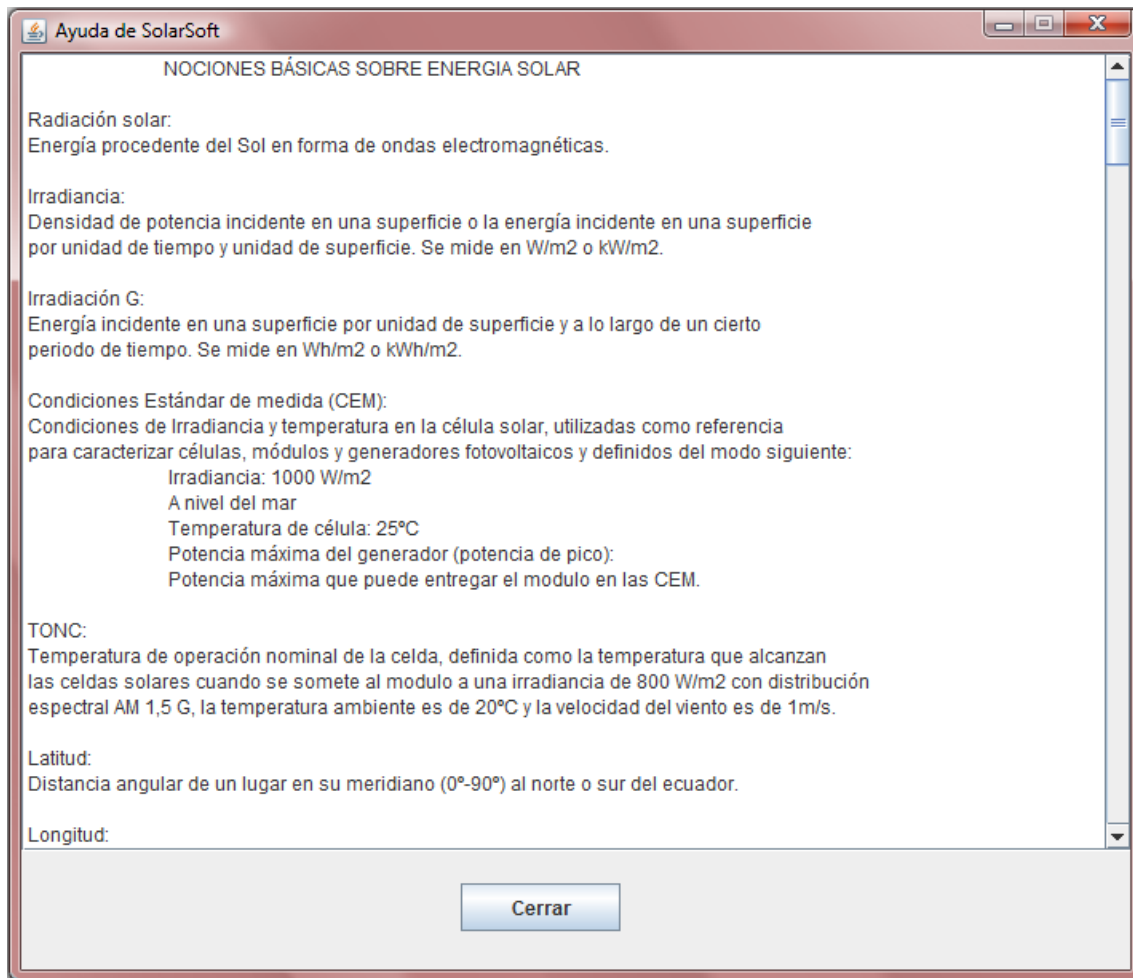


Figura 22: Ventana de Ayuda.

Como se puede apreciar, tanto la figura 21 como la figura 22 tienen un marco diferente, con esto sé quería demostrar que SolarSoft es una aplicación multiplataforma.

INFORME TECNICO DE LA INSTALACIÓN

DATOS DE LA UBICACIÓN

País: España Localidad: Valencia Latitud: 39.5

IRRADIACIÓN DIARIA MEDIA MENSUAL EN LA LOCALIDAD ESCOGIDA Gdm(0) [kWh/m2]

Enero Febr. Marzo Abril Mayo Junio Julio Agos. Sept. Octu. Novi. Dici.

2.11 2.94 4.14 5.03 5.72 6.33 6.61 5.75 4.64 3.33 2.42 1.83

IRRADIACIÓN DIARIA MEDIA MENSUAL EN LA LOCALIDAD ESCOGIDA Gdm(a,b) [kWh/m2]

Enero Febr. Marzo Abril Mayo Junio Julio Agos. Sept. Octu. Novi. Dici.

2,43 3,38 4,76 5,78 6,58 7,28 7,60 6,61 5,34 3,83 2,78 2,10

Periodo de diseño:	Diciembre
Gdm(a,b) [kWh/m2]:	2,10
Demanda diaria de energía:	1000 Wh/día
Potencia a instalar por perdidas en la instalación:	1176,47 Wh/día
Consumo diario de la carga [Ah]:	49,02
Tensión CC de la instalación:	24 V
Tensión AC de la instalación:	220 V
Rendimiento del inversor:	0.85
Rendimiento del regulador mas acumulador:	0.81

DIMENSIONADO MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Módulo fotovoltaico seleccionado: SIEMENS SM-20

Potencia [W]: 20.0	Imp [A]: 1.38
Icc [A]: 1.6	Vmp [V]: 14.5
Vca [V]: 18.0	

Configuración de los módulos y potencia generada:

Inclinación: 30.0°	Orientación: 0.0°	
Nps: 2.0	Npp: 26.0	Npt: 52.0
PMPmin [Wp]: 931,74	PMP [Wp]: 1040,00	PMPmax [Wp]: 1118,09

DIMENSIONADO REGULADOR

Intensidad mínima que debe procesar el regulador [A]: 38,82

Regulador seleccionado: Solarix TAROM 245

Vnom: 24.0

Imax: 45.0

DIMENSIONADO ACUMULADORES

Acumulador seleccionado: VISION CP1270

Vnom: 12

C20: 7

Configuración de los acumuladores:

Nbs: 2.0 Nbp: 45 Nbt: 90.0

Capacidad nominal del acumulador: 305,13 Ah

Autonomía de la instalación: 3 días

Profundidad de descarga máxima: 0.7

DIMENSIONADO INVERSOR

Inversor seleccionado: ASP ALLEGRO 1200

Vnom: 24

4. Conclusiones.

Desde el primer momento, cuando el tutor me dio la oportunidad de realizar este proyecto, me pareció un lujo. Primero, la razón del proyecto en sí, un proyecto de cooperación para el desarrollo que podría ser útil a otras personas; saber que con esta aplicación se puede facilitar que una sola persona tenga la posibilidad de beber agua sin tener que desplazarse o simplemente que pueda encender una bombilla en su casa hace que se olvide lo difícil que ha sido realizar este proyecto. Difícil porque no soy informático y para hacer una aplicación de este tipo he tenido que aprender un nuevo lenguaje de programación, he tenido que aprender a “pensar” de otra manera y he tenido que familiarizarme con infinitud de términos que no sabía que existían.

Cabe destacar que esta aplicación ha sido desarrollada desde cero, lo que conlleva muchas horas de meditación, muchas preguntas al tutor, mucha investigación,... pero creo poder afirmar que ha cumplido las expectativas y requerimientos que se fijaron al empezar el proyecto. Después de terminar la asignatura de “Nuevas fuentes de energía”, me entró el “gusanillo” de la energía limpia, me gustaba la idea de utilizar los conocimientos adquiridos en la carrera y plasmarlos en un programa al que, como base, tanto el tutor como yo le vemos futuro.

Por otra parte, he aprendido un lenguaje de programación muy usado en el mundo de la informática como es Java. Al principio me resultaba difícil adaptarme después de haber conocido en otras etapas de mi vida estudiantil lenguajes como C++ o Fortran, ya que Java utiliza una programación orientada a objetos, algo que al principio no sabía ni qué era, la inexistencia de la compilación, etc. Pero después de todo el proceso del proyecto y manejar muchos de los recursos que ofrece, me siento satisfecho de haber aprovechado esta oportunidad.

Otra de las posibilidades que me dio el hacer este proyecto ha sido el poder unir dos de las cosas que más me gustan: la electricidad y la informática. La electricidad es mi vocación y prácticamente todo lo que he estudiado y trabajado ha sido enfocado a ese mundo y la informática, sin la cual hoy día un ingeniero no puede realizar su trabajo de manera rápida y eficaz.

Y como último comentario, no puedo pasar sin mencionar cómo me ha cambiado la forma de pensar desde que inicie mis estudios universitarios. La verdad es que he aprendido a que en el trabajo uno debe ser constante y metódico y que con voluntad y mucho esfuerzo todo se consigue.

5. Bibliografía.

- “Head First Java” Kathy Sierra & Bert Bates. Ed: O’REILLY.
- Apuntes de Nuevas fuentes de energía, departamento de electricidad de la UC3M.
- “Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación para el Desarrollo”. Ingeniería sin Fronteras. Ed: IEPALA.
- Java de Sun Microsystems.
www.java.com/es/
- SQLite.
www.sqlite.org
- Eclipse.
www.eclipse.org
- Swing.
<http://www.java.sun.com/docs/books/tutorial/uiswing/>
- Historia de la energía solar.
<http://energiasolar-rcv-hist.blogspot.com/>.
- Comisión nacional de energía.
www.cne.es
- Red Eléctrica.
www.ree.es
- Instituto de energía Nicaragüense.
www.ine.gob.ni